

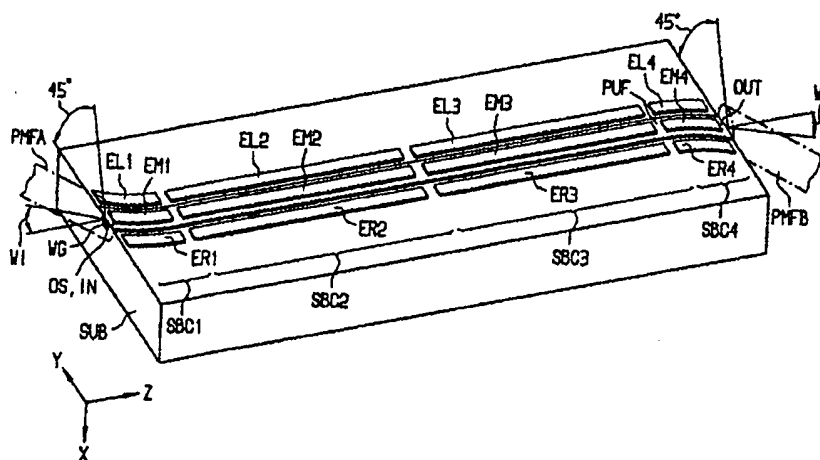
PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G02F 1/035, H04B 10/18	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/65404 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 2. November 2000 (02.11.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01032 (22) Internationales Anmeldedatum: 4. April 2000 (04.04.00) (30) Prioritätsdaten: 199 18 369.4 22. April 1999 (22.04.99) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NOE, Reinhold [AT/DE]; Helmer Weg 2, D-33100 Paderborn (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE- SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

(54) Title: DEVICE FOR COMPENSATING POLARISATION MODE DISPERSION

(54) Bezeichnung: EINRICHTUNG ZUR KOMPENSATION VON POLARISATIONSMODENDISPERSION



(57) Abstract

The invention relates to a polarisation transformer/PMD compensator chip that is located in a substrate (SUB) in a weak or non-double refractive crystal section with a mode transformation between circular polarisations. The polarisation transformer/PMD compensator chip contains other polarisation actuators in the form of quarter wave plates, which enable the transformation of the polarisation-receiving optical waveguides (PMFA, PMFB) situated upstream or downstream from circular polarisation to a main polarisation. Modules of this type can be cascaded to produce a simple polarisation mode dispersion compensator.

(57) Zusammenfassung

Ein Polarisationstransformator/PMD-Kompensator-Chip in einem Substrat (SUB) in schwach oder nicht doppelbrechenden Kristallschnitt mit einer Modenwandlung zwischen zirkularen Polarisationen enthält weitere Polarisationsstellglieder als Viertelwellenplatten, welche die Umformung von zirkularer Polarisation in eine Hauptpolarisation von vor- oder nachgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleitern (PMFA, PMFB) erlauben. Durch Kaskadierung solcher Module erhält man einen einfachen Kompensator von Polarisationsmodendispersion.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Einrichtung zur Kompensation von Polarisationsmodendispersion

- 5 Die Erfindung betrifft einen Kompensator von Polarisationsmodendispersion nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, S. 1199-1207 ist ein Polarisationstransformator beschrieben, der auf einem nicht
10 doppelbrechenden Substratmaterial realisiert ist. Dieser kann jede beliebige Polarisierung endlos in zirkuläre Polarisierung überführen oder umgekehrt und besitzt eine sehr geringe Verzögerung, die im Idealfall nur maximal π betragen muß. Er arbeitet als Modenwandler für zirkuläre Polarisierungen, wobei
15 die Phasenverzögerung zwischen diesen zirkulären Polarisierungen beliebig und endlos gewählt werden kann. Die möglichen Eigenmoden dieses Polarisationstransformators sind die linearen Polarisierungen.

- 20 Ähnliche Polarisationstransformatoren finden sich in IEEE J. Lightwave Techn. 8(1990), S. 438-458 und IEEE Photon. Techn. Lett. 4(1992), S. 503-505. Jene letzteren besitzen bei Addition der Verzögerungen der einzelnen Bestandteile Verzögerungen, die 2π oder mehr betragen, können dafür aber auch jede
25 beliebige in jede beliebige andere Polarisierung überführen. Im Tagungsband zur Optical Fiber Communications Conference and International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communications (OFC/IOOC '99), postdeadline paper volume, PD29, San Diego, 21.-26. Feb. 1999 wurde berichtet,
30 daß PMD-Kompensatoren aus einer Reihe von differentiellen Verzögerungssektionen aufgebaut werden können, daß die dazwischenliegenden Polarisationstransformatoren jede beliebige Polarisierung in eine Hauptpolarisierung (principal state-of-polarization) der darauffolgenden differentiellen
35 Verzögerungssektion überführen können muß.

Als Verzögerungssektion eignen sich beispielsweise doppelbrechende Lichtwellenleiter (z.B. PANDA-Faser), welche lineare Hauptpolarisationen besitzen. Ein elektrooptischer Polarisationstransformator, welcher jede beliebige in eine
5 lineare Polarisation endlos überführt und gleichzeitig eine sehr geringe aktiv steuerbare Verzögerung von beispielsweise nur π aufweist, ist nicht bekannt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen relativ einfachen
10 Polarisationstransformator, welcher jede beliebige in eine lineare Polarisation endlos überführt, und einen daraus aufgebauten Kompensator von Polarisationsmodendispersion anzugeben.

15 Diese Aufgabe wird durch eine im Anspruch 1 angegebene Anordnung gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

20 Erfindungsgemäß wird einem Modenwandler zirkularer Polarisationen eine Viertelwellenplatte nachgeschaltet. Bei Bedarf wird eine andere Viertelwellenplatte vorgeschaltet. Dadurch entsteht ein Polarisationstransformator, welcher lineare
25 Polarisationen mit $\pm 45^\circ$ Erhebungswinkel ineinander umwandeln kann.

Durch Kaskadieren mehrerer solcher Polarisationstransformatoren mit dazwischengeschalteten und am Ende des letzten nachgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleitern,
30 welche so orientiert sind, daß sie $\pm 45^\circ$ Erhebungswinkel der linear polarisierten Hauptpolarisationen (principal states-of-polarization) aufweisen, und die außerdem zwischen diesen Hauptpolarisationen differentielle Gruppenlaufzeiten aufwei-
35 sen, entsteht ein einfacher Kompensator von Polarisationsmodendispersion.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

5

Figur 1 den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen
Polarisationstransformators

Figur 2 einen Schnitt durch den Polarisationstransformator
nach Figur 1,

10 Figur 3 einen Kompensator von Polarisationsmodendispersion
mit mehreren Polarisationstransformatoren.

In einem ersten Ausführungsbeispiel nach **Figur 1** (Schnitt:
Figur 2) besteht der Polarisationstransformator aus einem
15 Lithiumniobatkristall mit X-Schnitt und Z-Ausbreitungsrichtung. Statt Lithiumniobat können viele andere Substanzen eingesetzt werden, beispielsweise Lithiumtantalat oder Halbleiter.

20 Durch Eindiffusion von Titan wurde im Kristall SUB ein Wellenleiter WG erzeugt. Auf dem Kristall kann - aber muß nicht - eine isolierende Pufferschicht PUF aufgebracht sein, beispielsweise aus Siliziumdioxid. Ebenso wie der Kristall ist sie bei der Betriebswellenlänge transparent. Auf der Puffer-
25 schicht oder auf dem Kristall sind leitende Elektroden ELi, EMi, ERi ($i = 1 \dots 4$) aufgedampft. Diese können aus Metall, beispielsweise Aluminium bestehen, aber auch aus transparenten leitfähigen Materialien wie Indium-Zinn-Oxid (ITO). Im Ausführungsbeispiel ist die Pufferschicht PUF nur unter der
30 mittleren Elektrode vorhanden. Dies hat den Vorteil, daß Felder, die nur zwischen den äußeren Elektroden ELi, ERi bestehen, keiner DC-Drift unterworfen sind. Eine vergrößerte Dämpfung durch Elektrodenleitfähigkeit tritt nicht oder in
35 nur sehr geringem Maße ein, weil die optische Welle im Bereich der äußeren Elektroden ELi, ERi schon sehr stark abgeklungen ist.

Die Elektroden EL_i , EM_i , ER_i sind segmentiert, so daß 4 Polarisationsstellglieder SBC_i ($i = 1 \dots 4$) vorhanden sind. Die Mittelelektroden EM_i befinden sich über dem Wellenleiter, linke und rechte Elektroden EL_i , ER_i sind parallel auf beiden
5 Seiten des Wellenleiters WG angebracht. Einzelne Elektroden verschiedener Segmente können auch miteinander verbunden sein, beispielsweise alle Elektroden EM_i . Durch Anlegen entgegengesetzter Spannungen U_{Pi} ($i = 1 \dots 4$) zwischen den äußeren Elektroden ER_i , EL_i wird eine differentielle Phasen-
10 verschiebung zwischen den transversal elektrischen (TE-) und den transversal magnetischen (TM-) Wellen erzeugt. Aufgrund unvermeidlicher Wellenleiterdoppelbrechung sind in der Regel von Null verschiedene Spannungswerte U_{Pi0} der Spannungen U_{Pi} erforderlich, um Phasenanpassung, d.h. verschwindende TE-TM-
15 Phasenverschiebung zu erzielen. Statt der Z-Ausbreitungsrichtung können deshalb auch andere Ausbreitungsrichtungen gewählt werden, welche sich der Z-Achse bis auf wenige Grade annähern, denn dadurch läßt sich die Wellenleiterdoppelbrechung mit Hilfe des geringfügig doppelbrechenden Kristall-
20 schnitts näherungsweise ausgleichen. In der Regel sind trotzdem Spannungswerte U_{Pi0} ungleich Null erforderlich zur Phasenanpassung, den dieser Ausgleich ist i.a. unvollständig.

Legt man an den äußeren Elektroden EL_i , ER_i gegenüber der
25 Mittelelektrode EM_i gleichgerichtete Spannungen U_{Ci} ($i = 1 \dots 4$) an, so erhält man TE-TM-Modenkonversion. Bei verschwindender Spannung U_{Ci} ist die Modenkonversion idealerweise gleich Null, doch schon bei geringfügiger lateraler Verschiebung der Elektroden in Y-Richtung gegenüber dem
30 Wellenleiter kann dafür eine Spannung U_{Ci0} notwendig sein.

Durch Kombination von entgegen- und von gleichgerichteten Spannungen U_{Pi} und U_{Ci} läßt sich jede beliebige Kombination von TE-TM-Phasenverschiebung und TE-TM-Modenkonversion erreichen. Man nennt ein solches Polarisationsstellglied auch
35 einen Soleil-Babinet-Kompensator SBC. Die Verzögerung ψ_i des SBC_i ergibt sich durch geometrische Addition der TE-TM-

- Phasenverschiebung ohne Modenkonzersion und der TE-TM-Modenkonzersion ohne Phasenverschiebung, also $\psi_i = \sqrt{(b * (U_{Ci} - U_{Ci0}))^2 + (a * (U_{Pi} - U_{Pi0}))^2}$. Die Verzögerung ψ_i sei im folgenden stets als positiv verstanden; negative Verzögerungen werden durch positive bezüglich vertauschter Eigenmoden dargestellt. Die Konstanten a , b sind durch Überlappintegrale zwischen elektrischen und optischen Feldern bestimmt. Ein SBC wirkt als lineare optische Wellenplatte der Verzögerung ψ mit orthogonalen, linear polarisierten Eigenmoden. Der Tangens des Doppelten eines Erhebungswinkels eines dieser Eigenmoden ist proportional zum Verhältnis $(b * (U_{Ci} - U_{Ci0})) / (a * (U_{Pi} - U_{Pi0}))$. Wie bereits bemerkt, ist U_{Ci0} im Idealfall gleich Null.
- 15 Zur Polarisationsstransformation eines zirkularen in jeden beliebigen Polarisationszustand oder umgekehrt kann ein SBC eine Verzögerung $\psi_i = 0 \dots \pi$ aufweisen, siehe IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, S. 1199-1207. Es läßt sich noch nachweisen, daß eine Aufteilung eines SBC in mehrere, wobei
- 20 die Einstellbarkeit der Summe der Verzögerungen dieselbe sei wie die Einstellbarkeit des aufgeteilten SBC, stets ebenfalls die gewünschten Polarisationsstransformationen ermöglicht. So können zur Transformation eines zirkularen in jeden beliebigen Polarisationszustand oder umgekehrt beispielsweise auch
- 25 zwei SBCs mit Verzögerungen von jeweils $0 \dots \pi/2$ verwendet werden. Dazu dienen in Figur 1 SBC2 und SBC3. Ausgangsseitig ist ein ähnlich aufgebauter SBC4 vorhanden. Vorzugsweise wirkt er als Viertelwellenplatte mit Eigenmoden, welche parallel bzw. senkrecht zur Chipoberfläche liegen. Um die Baulänge zu minimieren, wird der Wellenleiter WG in oder kurz vor SBC4 um einen Winkel ω_i gekrümmt. Dies hat den Vorteil, daß sich auch die Materialdoppelbrechung des Substratmaterials auswirkt, so daß SBC4 eine kürzere Baulänge besitzen kann als SBC2 oder SBC3. In diesem bevorzugten Fall sind bei
- 30 geeigneter Längenwahl gar keine Elektroden für SBC4 erforderlich, weil das entsprechende Wellenleiterstück schon von selbst als solche Viertelwellenplatte wirkt. Um unvermeid-
- 35

liche, in ihrer Amplitude allerdings in der Regel nicht besonders bedeutende Ungenauigkeiten ausgleichen zu können, sind die kürzeren Elektroden ER4, EM4, EL4 jedoch zweckmäßig und ausreichend. Ausgangsseitig ist ein polarisationserhaltender Lichtwellenleiter PMFB angeschlossen, dessen Hauptpolarisationen (Achsen) Winkel von 45° zur Chipoberfläche aufweisen. Da zirkulare Polarisation am Eingang von SBC4 in $\pm 45^\circ$ -Polarisation am Ende von SBC4 transformiert wird, wirken SBC2, SBC3 als ein Polarisationstransformator, welcher in einem Kompensator von Polarisationsmodendispersion (PMD-Kompensator) eingesetzt werden kann. Aus Symmetriegründen und zur leichteren Ansteuerbarkeit des Polarisationstransformators ist der Eingang des Chip ebenso aufgebaut: Auf einen polarisationserhaltenden Lichtwellenleiter PMFA mit 45° -Winkel zwischen Hauptpolarisationen und Chipoberfläche folgt der unter einem Winkel WI verlaufende, kurze Soleil-Babinet-Kompensator SBC1, dessen Elektroden bei Längen- und Winkelwahl als Viertelwellenplatte wie bei Soleil-Babinet-Kompensator SBC4 auch weggelassen werden könnten. Anschließend folgen die Soleil-Babinet-Kompensatoren SBC2, SBC3. Der Winkel WI zwischen dem Verlauf des Wellenleiters WG im Bereich der SBC2, SBC3 und dem Verlauf in SBC1, SBC4 führt nicht zu Schwierigkeiten bei der Kopplung zu den Lichtwellenleitern PMFA, PMFB, denn die Stirnflächen des Chip können in gewissen Grenzen unter beliebigen Winkeln geschnitten werden. Der Winkel, unter dem die Lichtwellenleiter PMFA, PMFB gegenüber den Wellenleitern in den Soleil-Babinet-Kompensatoren SBC1, SBC4 auftreten, bestimmt sich aus dem Winkel der Chipstirnflächen, den Brechzahlen und dem Brechungsgesetz.

Der Chip wird so betrieben, daß die Soleil-Babinet-Kompensatoren SBC1, SBC4 als Viertelwellenplatten mit linearen Eigenmoden, welche parallel bzw. senkrecht zur Chipoberfläche verlaufen. SBC2, SBC3 werden zusammen als SBC mit einer zwischen 0 und mindestens π veränderbaren Verzögerung betrieben. Die Segmentierung in SBC2, SBC3 mit Verzögerungen $\psi_2 = 0 \dots$ mindestens $\pi/2$, $\psi_3 = 0 \dots$ mindestens $\pi/2$ bietet wegen der

gleichzeitig vorhandenen individuellen Variabilität der Eigenmoden eine bessere Ausgleichsmöglichkeit gegenüber unvermeidlichen Ungenauigkeiten als ein unsegmentierter SBC, doch auf die Segmentierung kann auch verzichtet werden zugun-

5 sten einer reduzierten Anzahl von Steuerspannungen. Je nachdem, ob die PMFA, PMFB unter um 90° gegeneinander versetzten oder unter gleichen Erhebungswinkeln gleicher Hauptpolarisationen an den Stirnflächen des Chip montiert sind, ergibt sich eine Addition oder Subtraktion der differentiellen Gruppen-

10 penlaufzeiten bei einer Verzögerung von 0. Falls eine der Viertelwellenplatten SBC1, SBC4 durch evtl. unterschiedlich gestaltete Längen und/oder Winkel WI alternativ dazu als Dreiviertelwellenplatte ausgeführt wird, ändert sich die Funktion gerade so, daß Addition und Subtraktion vertauscht

15 werden.

In Figur 3 ist schließlich ein PMD-Kompensator mit mehreren so aufgebauten Polarisationsstransformatoren SUB1 ... SUB4 und dazwischen bzw. nachgeschalteten polarisationserhaltenden

20 Lichtwellenleitern PMF1 ... PMF4 mit differentiellen Gruppenlaufzeiten und unter $\pm 45^\circ$ zu den Chipoberflächen verlaufenden linear polarisierten Hauptpolarisationen gezeichnet. Gegenüber dem Stand der Technik ergibt sich so eine deutlich reduzierte Baulänge der Polarisationsstransformatoren, eine vereinfachte Ansteuerung und eine bessere Unterdrückbarkeit von

25 DC-Drift. Die Chipeingänge sind IN1 ... IN4, die Chipausgänge sind OUT1 ... OUT4, der Chipeingang IN1 ist gleichzeitig Eingang des PMD-Kompensators, der Ausgang O des Lichtwellenleiters PMF4 ist Ausgang des PMD-Kompensators. Eine bestimmte,

30 z.B. die langsamere Hauptpolarisation der Lichtwellenleiter PMF1 ... PMF4 ist jeweils an Chipausgängen OUT1, OUT2, OUT3 unter 45° , an Chipeingängen IN2, IN3, IN4 unter -45° bezüglich der y-Achse einjustiert. Unter der Voraussetzung, daß SBC1 und SBC4 in den Polarisationsstransformatoren SUB1 ...

35 SUB4 tatsächlich als Viertelwellenplatten gleicher Eigenmoden arbeiten - dabei darf SBC1 in SUB1 eine Ausnahme bilden, weil dort kein polarisationserhaltender Lichtwellenleiter ange-

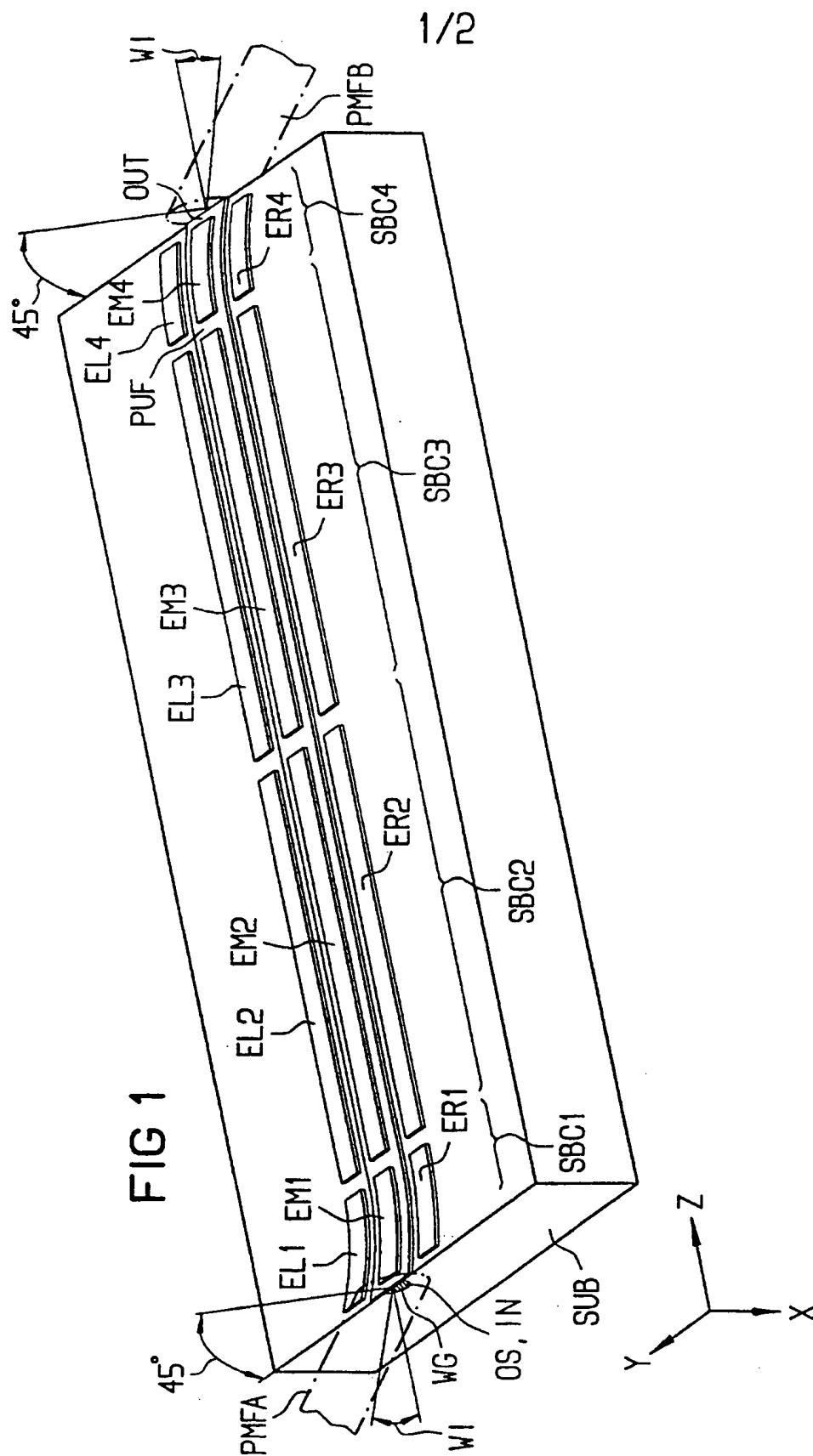
- geschlossen ist, werden deshalb durch SBC1 und SBC4 jeweils die zirkulare Hauptpolarisation am Anfang von SBC4 jedes der Chips SUB1 ... SUB 3 in dieselbe zirkulare Hauptpolarisation am Ende von SBC1 jedes der Chips SUB2 ... SUB4 übergeführt.
- 5 Dies bedeutet, daß bei Verzögerungen $\psi_2 = 0$ und $\psi_3 = 0$ in jedem der Chips SUB2 ... SUB4 sich die differentiellen Gruppenlaufzeiten der polarisationserhaltenden Lichtwellenleiter PMF1 ... PMF4 addieren.
- 10 Chip SUB1 in Figur 2 kann abweichend von Figur 1 ohne Viertelwellenplatte SBC1 und auch ohne Wellenleiterkrümmung vor SBC2 ausgeführt werden, da statt eines polarisationserhaltenden Lichtwellenleiters PMFA dort ohnehin ein beliebiger Standard-Lichtwellenleiter vom Ende einer Datenübertra-
- 15 gungsstrecke an den Eingang IN des Chip SUB1 und somit Eingang IN1 des Kompensators der Figur 2 angeschlossen ist.

Patentansprüche

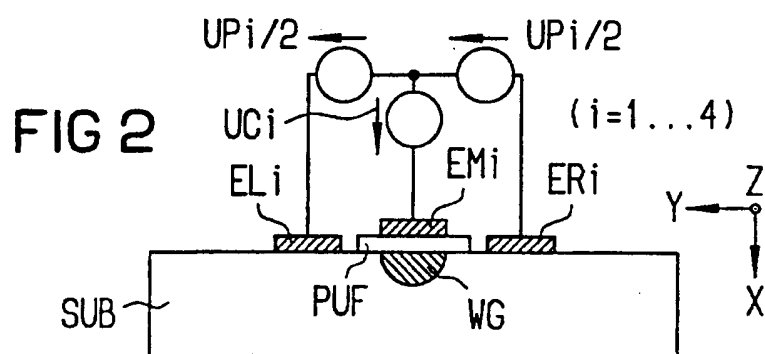
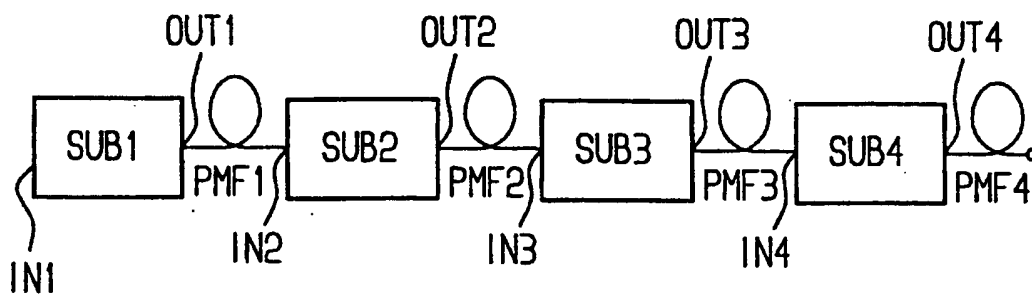
1. Polarisationstransformator in einem Substrat (SUB, SUB1, SUB2, SUB3, SUB4) in schwach oder nicht doppelbrechenden
5 Kristallschnitt mit mindestens einer Modenwandlung zwischen zirkularen Polarisationen zulassendem Polarisationsstellglied (SBC2, SBC3), dessen Steueranschlüsse (EL2, EL3, EM2, EM3, ER2, ER3) zur Steuerung der Polarisationstransformation eines optischen Signals (OS) verwendet werden, mit einem Eingang
10 (IN, IN1, IN2, IN3, IN4) und einem Ausgang (OUT, OUT1, OUT2, OUT3, OUT4)
dadurch gekennzeichnet,
daß ein weiteres Polarisationsstellglied SBC4 vorgesehen ist, welches wenigstens näherungsweise als Viertelwellenplatte
15 arbeitet mit Eigenmoden, welche die Umformung von zirkularer Polarisierung in eine Hauptpolarisierung eines nachgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleiters (PMFB, PMF1, PMF2, PMF3, PMF4) erlauben.
- 20 2. Polarisationstransformator gemäß Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein weiteres Polarisationsstellglied SBC1 vorgesehen ist, welches wenigstens näherungsweise als Viertelwellenplatte
25 arbeitet mit Eigenmoden, welche die Umformung einer Hauptpolarisierung eines vorgeschalteten polarisationserhaltenden Lichtwellenleiters (PMFA, PMF1, PMF2, PMF3) in zirkuläre Polarisierung erlauben.
3. Polarisationstransformator gemäß Anspruch 1 oder 2,
30 dadurch gekennzeichnet,
daß ein weiteres Polarisationsstellglied (SBC4, SBC1) Steueranschlüsse (EL4, EL1, EM4, EM1, ER4, ER1) zur Steuerung der Polarisationstransformation des optischen Signals (OS) aufweisen kann.

4. Polarisationstransformator gemäß einem der Ansprüche 1 bis
3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Hauptpolarisationen mindestens eines polarisationser-
5 haltenden Lichtwellenleiters (PMFA, PMFB, PMF1, PMF2, PMF3,
PMF4) unter $\pm 45^\circ$ zur Chipoberfläche eines Substrats (SUB,
SUB1, SUB2, SUB3, SUB4) verlaufen, daß ein weiteres, an eine
Anschlußposition (IN, IN2, IN3, IN4, OUT, OUT1, OUT2, OUT3,
OUT4) angrenzendes Polarisationsstellglied (SBC4, SBC1)
10 wenigstens näherungsweise horizontale und vertikale Eigen-
moden besitzt.

5. Polarisationstransformator gemäß einem der Ansprüche 1 bis
3,
15 dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere Polarisationstransformatoren (SUB1, SUB2, SUB3,
SUB4) und polarisationserhaltenden Lichtwellenleiter (PMF1,
PMF2, PMF3, PMF4) abwechselnd aufeinanderfolgen.



2/2

**FIG 3**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int lional Application No
PCT/DE 00/01032

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02F1/035 H04B10/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HEISMANN F: "ANALYSIS OF A RESET-FREE POLARIZATION CONTROLLER FOR FAST AUTOMATIC POLARIZATION STABILIZATION IN FIBER-OPTIC TRANSMISSION SYSTEMS" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, US, IEEE. NEW YORK, vol. 12, no. 4, 1 April 1994 (1994-04-01), pages 690-699, XP000470369 ISSN: 0733-8724 the whole document	1-3
X	US 4 691 984 A (THANIYAVARN SUWAT) 8 September 1987 (1987-09-08) column 3, line 21 -column 9, line 59 -/-	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 August 2000

Date of mailing of the international search report

01/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Diot, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/DE 00/01032

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>GLINGENER C ET AL: "Polarization mode dispersion compensation at 20 Gb/s with a compact distributed equalizer in LiNbO₃/sub 3/"</p> <p>OFC/IOOC'99. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED OPTICS AND OPTICAL FIBER COMMUNICATIONS (CAT. NO.99CH36322), OFC/IOOC'99. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IN, pages PD29/1-3 Suppl., XP002144918 1999, Piscataway, NJ, USA, IEEE, USA cited in the application the whole document</p>	1
A	<p>NOE R ET AL: "Endless polarization control systems for coherent optics" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, JULY 1988, USA, vol. 6, no. 7, pages 1199-1208, XP002144919 ISSN: 0733-8724 cited in the application the whole document</p>	1
A	<p>HEISMANN F ET AL: "Automatic compensation of first order polarization mode dispersion in a 10 Gb/s transmission system" 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION. ECOC '98 (IEEE CAT. NO.98TH8398), PROCEEDINGS OF ECOC '98 - 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION, MADRID, SPAIN, 20-24 SEPT. 1998, pages 529-530 vol.1, XP002144920 1998, Madrid, Spain, Telefonica, Spain ISBN: 84-89900-14-0 the whole document</p>	4,5
E	<p>WO 00 36459 A (SIEMENS AG) 22 June 2000 (2000-06-22) page 25, line 01 -page 31, line 36; figure 12 page 41, line 20 -page 43, line 25; figures 11,20</p>	1-5

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No.

PCT/DE 00/01032

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	<p>NOE R ET AL: "Polarization mode dispersion compensation at 10, 20, and 40 Gb/s with various optical equalizers" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, SEPT. 1999, IEEE, USA, vol. 17, no. 9, pages 1602-1616, XP002144921 ISSN: 0733-8724 Abschnitt: III. Implementation of optical Equalizers page 1611, right-hand column, last paragraph</p>	4,5
A	<p>TAKAHASHI T ET AL: "AUTOMATIC COMPENSATION TECHNIQUE FOR TIMEWISE FLUCTUATING POLARISATION MODE DISPERSION IN IN-LINE AMPLIFIER SYSTEMS" ELECTRONICS LETTERS, GB, IEE STEVENAGE, vol. 30, no. 4, 17 February 1994 (1994-02-17), pages 348-349, XP000439537 ISSN: 0013-5194 the whole document</p>	4,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/01032

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4691984 A	08-09-1987	NONE	
WO 0036459 A	22-06-2000	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01032

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G02F1/035 H04B10/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	HEISMANN F: "ANALYSIS OF A RESET-FREE POLARIZATION CONTROLLER FOR FAST AUTOMATIC POLARIZATION STABILIZATION IN FIBER-OPTIC TRANSMISSION SYSTEMS" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, US, IEEE. NEW YORK, Bd. 12, Nr. 4, 1. April 1994 (1994-04-01), Seiten 690-699, XP000470369 ISSN: 0733-8724 das ganze Dokument	1-3
X	US 4 691 984 A (THANIYAVARN SUWAT) 8. September 1987 (1987-09-08) Spalte 3, Zeile 21 - Spalte 9, Zeile 59 -/-	1-3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. August 2000

Abgabedatum des internationalen Recherchenberichts

01/09/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Diot, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. ionaler Aktenzeichen

PCT/DE 00/01032

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>GLINGENER C ET AL: "Polarization mode dispersion compensation at 20 Gb/s with a compact distributed equalizer in LiNbO/sub 3/"</p> <p>OFC/IOOC'99. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED OPTICS AND OPTICAL FIBER COMMUNICATIONS (CAT. NO.99CH36322), OFC/IOOC'99. OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IN,</p> <p>Seiten PD29/1-3 Suppl., XP002144918</p> <p>1999, Piscataway, NJ, USA, IEEE, USA</p> <p>in der Anmeldung erwähnt</p> <p>das ganze Dokument</p>	1
A	<p>NOE R ET AL: "Endless polarization control systems for coherent optics"</p> <p>JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, JULY 1988, USA,</p> <p>Bd. 6, Nr. 7, Seiten 1199-1208,</p> <p>XP002144919</p> <p>ISSN: 0733-8724</p> <p>in der Anmeldung erwähnt</p> <p>das ganze Dokument</p>	1
A	<p>HEISMANN F ET AL: "Automatic compensation of first order polarization mode dispersion in a 10 Gb/s transmission system"</p> <p>24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION. ECOC '98 (IEEE CAT. NO.98TH8398), PROCEEDINGS OF ECOC '98 - 24TH EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION, MADRID, SPAIN, 20-24 SEPT. 1998,</p> <p>Seiten 529-530 vol.1, XP002144920</p> <p>1998, Madrid, Spain, Telefonica, Spain</p> <p>ISBN: 84-89900-14-0</p> <p>das ganze Dokument</p>	4,5
E	<p>WO 00 36459 A (SIEMENS AG)</p> <p>22. Juni 2000 (2000-06-22)</p> <p>Seite 25, Zeile 01 -Seite 31, Zeile 36;</p> <p>Abbildung 12</p> <p>Seite 41, Zeile 20 -Seite 43, Zeile 25;</p> <p>Abbildungen 11,20</p>	1-5

-/-

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Nationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01032

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,A	<p>NOE R ET AL: "Polarization mode dispersion compensation at 10, 20, and 40 Gb/s with various optical equalizers" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, SEPT. 1999, IEEE, USA, Bd. 17, Nr. 9, Seiten 1602-1616, XP002144921 ISSN: 0733-8724 Abschnitt: III. Implementation of optical Equalizers Seite 1611, rechte Spalte, letzter Absatz</p>	4,5
A	<p>TAKAHASHI T ET AL: "AUTOMATIC COMPENSATION TECHNIQUE FOR TIMEWISE FLUCTUATING POLARISATION MODE DISPERSION IN IN-LINE AMPLIFIER SYSTEMS" ELECTRONICS LETTERS, GB, IEE STEVENAGE, Bd. 30, Nr. 4, 17. Februar 1994 (1994-02-17), Seiten 348-349, XP000439537 ISSN: 0013-5194 das ganze Dokument</p>	4,5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01032

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4691984 A	08-09-1987	KEINE	
WO 0036459 A	22-06-2000	KEINE	